



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 199 14 941 C 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 02 M 27/06

②① Aktenzeichen: 199 14 941.0-13
②② Anmeldetag: 1. 4. 1999
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 25. 5. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Juretzka, Andreas, Dipl.-Ing., 70734 Fellbach, DE;
Nieberding, Rolf-Günther, Dipl.-Ing.,
Fontainebleau, FR

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 21 531 A1
DE 195 17 302 A1
DE 44 25 001 A1

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur mikrowellengestützten Gemischverbrennung im Brennraum einer
Brennkraftmaschine

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine
Vorrichtung zur Verbrennung eines Brenngemischs im
Brennraum einer Brennkraftmaschine mit Kompressions-
zündung, bei denen die Verbrennung durch Mikrowellen-
einstrahlung in den Brennraum unterstützt wird.
Erfindungsgemäß wird das Brenngemisch und/oder wäh-
rend der Mikrowelleneinstrahlung einer Konditionierung
unterworfen, durch die zusätzliche Mikrowellen-Rezipien-
tenspezies bereitgestellt werden. Durch entsprechende
Leistungseinstellmittel kann die Mikrowellenleistung in
Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennkraftma-
schina variabel eingestellt werden.
Verwendung z. B. bei Kraftfahrzeug-Verbrennungsmoto-
ren mit Kompressionszündung.

DE 199 14 941 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Verbrennung eines Brenngemischs im Brennraum einer Brennkraftmaschine mit Kompressionszündung, bei dem die Verbrennung durch Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum unterstützt wird, sowie auf eine zur Durchführung eines solchen Verbrennungsverfahrens geeignete Vorrichtung mit Mikrowellengenerator.

Es ist bekannt, daß gewisse Brennkraftmaschinen, wie beispielsweise Hubkolbenmaschinen mit innerer Verbrennung, vom Prinzip her geeignet sind, mittels Kompressionszündung homogener, magerer Brenngemische ohne oder jedenfalls mit allenfalls geringfügiger Bildung von Stickoxiden bei günstigen Wirkungsgraden Luft-/Kraftstoffgemische verbrennen und dadurch deren chemische Energie in mechanische Bewegungsenergie wandeln zu können. Der ganze Vorteil dieser Verbrennung läßt sich jedoch nur in einem relativ engen Betriebsparameterbereich erzielen. So ist unter anderem für die Formung eines optimalen Verbrennungsvorgangs eine dezentrale Reaktionseinleitung der Verbrennung wünschenswert, wie sie durch Gemischzündung mit einer einzelnen Zündkerze nicht erzielbar ist. Es wurde daher bereits vorgeschlagen, die zum Zünden erforderliche Aktivierungsenergie durch effektive Verdichtungsvariation in Form einer einstellbaren geometrischen Verdichtung oder einer Abgasrückhaltung oder Abgasrückführung bereitzustellen. Diese Vorgehensweisen sind jedoch konstruktiv und/oder in ihrer Prozeßführung relativ aufwendig.

Als Brennkraftmaschine wird hierbei vorliegend jegliche Maschine verstanden, die in einer Anzahl von veränderlichen Brennraumvolumina ein Brenngemisch, vorzugsweise aus Luft und Kraftstoff, verbrennt und die freigesetzte Energie über den entstehenden Gasdruck im Volumen in mechanische Energie umsetzt. Dazu arbeitet die Maschine vorzugsweise nach dem Viertakt-Ladungswechselverfahren mit innerer oder äußerer Gemischbildung. Diese Brennkraftmaschine erhöht die Temperatur des Gemischs durch die geometrische Kompression des abgeschlossenen, maximalen Ausgangsvolumens des Brennraums bis auf ein verbleibendes Restvolumen. Im komprimierten Volumen stellt sich eine Temperatur ein, die das Gemisch zur Entzündungsschwelle bringt. Der Verbrennungsprozeß, der sich an die Kompressionszündung des Gemischs anschließt, ist ein aufgrund der durch die Verbrennung freigesetzte Energie sich selbst beschleunigender Prozeß. Dadurch ergibt sich eine hohe Umsetzungsgeschwindigkeit der Verbrennung, die zu starken Druckanstiegen im Brennraum führt. Je größer die im Brennraum zur Entzündung vorliegende Kraftstoffmenge ist, desto stärker wird der Anstieg der Reaktionstätigkeit und die Steilheit des Druckanstiegs. Aus diesem Grund ist es zweckmäßig, die Verbrennung als ottomotorisches Teillastbrennverfahren mit einem möglichst homogenen, mageren Brenngemisch auszuführen. Ein Problempunkt ist hierbei, daß die geometrische Verdichtung für ottomotorische Verbrennung zwecks Vermeidung von Klopferscheinungen auf ein Niveau begrenzt ist, das für eine Kompressionszündung bei Teillast und folglich mageren Gemischen zu niedrig liegt. Es besteht daher Bedarf an einer zusätzlichen und möglichst homogen stattfindenden Energiezuführung an das im Brennraum vorliegende Brenngemisch zwecks Einleitung einer Kompressionszündung.

Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung der eingangs genannten Art, wie sie in der Offenlegungsschrift DE 195 17 302 A1 angegeben sind, werden von einem Mikrowellengenerator erzeugte Mikrowellen über einen Mikrowellenleiter in den Brennraum geleitet, um dort den Abstand zwischen den Kraftstoffmolekülen in den Kraftstoff-

tropfen des angesaugten Luft-/Kraftstoffgemischs zu erhöhen, was aufgrund der Verminderung der gegenseitigen Anziehungskräfte und der Oberflächenspannung der Tropfen zu einer schnelleren Verdampfung führen soll. Zudem soll das Verbrennen des Kraftstoffs dadurch verbessert werden, daß die Moleküle der Verbrennungskomponenten wegen erhöhter Beweglichkeit schneller aufeinandertreffen. Ein weiterer Effekt soll in einer überproportionalen Druckerhöhung bestehen, die aus mit zunehmender Temperatur während der Verbrennung ansteigenden Braunschen Bewegungen resultiert, die von den Molekülschwingungen unter der Wirkung der Mikrowellen ausgeführt werden. Als weiterer Einsatzzweck wird eine Vorerwärmung beim Kaltstart eines Dieselmotors durch Mikrowelleneinstrahlung anstelle der Verwendung einer Glühkerze vorgeschlagen.

In der Offenlegungsschrift DE 44 25 001 A1 wird ein Verfahren zur physikalischen Behandlung eines zur Verbrennung beispielsweise in einer Brennkraftmaschine vorgesehenen Kohlenwasserstoffs beschrieben, bei dem der Kohlenwasserstoff-Brennstoff vor Eintritt in den Brennraum einem Konditionierschritt unterworfen wird, in welchem seine supramolekulare Struktur durch elektromagnetische und/oder mechanische Schwingungen, z. B. Mikrowellenstrahlung, beeinflusst wird. Die Beeinflussung soll so sein, daß beispielsweise beim Betrieb einer Brennkraftmaschine die benötigte Kraftstoffmenge und die Abgas-schadstoffmenge möglichst gering gehalten werden können.

In der Offenlegungsschrift DE 196 21 531 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur verbrennungsfördernden Ansaugluftbehandlung für einen Verbrennungsmotor beschrieben, bei denen wenigstens ein Teil der Ansaugluft vor Eintritt in den Brennraum zur Erzeugung verbrennungsfördernder Bestandteile in einen Hochdruckplasmazustand überführt wird. Die Bereitstellung des Plasmas kann durch eine oder mehrere Mikrowellen-Plasmareaktoreinheiten erfolgen. Bevorzugt wird der Prozeß der Plasmaerzeugung abhängig von der gemessenen Ansaugluftmenge und der gemessenen Kraftstoffeinspritzmenge für den Verbrennungsmotor gesteuert.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Verfahrens und einer Vorrichtung der eingangs genannten Art zugrunde, mit denen ein Brenngemisch im Brennraum einer Brennkraftmaschine unter Nutzung einer Kompressionszündung mit möglichst gutem Wirkungsgrad und möglichst geringen Schadgasemissionen verbrannt werden kann.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6.

Beim Verbrennungsverfahren nach Anspruch 1 wird die Verbrennung durch Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum unterstützt, wobei vor und/oder während der Mikrowelleneinstrahlung das Brenngemisch einem Konditionierungsschritt unterworfen wird, durch den zusätzliche Mikrowellen-Rezipientenspezies bereitgestellt werden, d. h. weitere, zur Aufnahme von Mikrowellenstrahlungsenergie geeignete Moleküle oder Stoffe zusätzlich zu eventuell bereits in den Rohkomponenten des Brenngemischs enthaltenen derartigen Spezies. Mit dieser Vorgehensweise kann Mikrowellenstrahlungsenergie in ausreichender Quantität und in ausreichend gleichmäßiger Verteilung von dem im Brennraum vorliegenden Brenngemisch aufgenommen werden. Die Energieaufnahme ist dabei mehr von der Verteilung der Mikrowellen-Rezipientenspezies als von der Gestaltung des Mikrowellenstrahlungsemitteurs abhängig. Bei diesem Verfahren wird die Erkenntnis genutzt, daß üblicherweise verwendete Brenngemische keine oder nur eine sehr geringe Menge an Mikrowellen-Rezipientenspezies aufweisen, die

Mikrowellenenergie absorbieren, wie z. B. Moleküle mit polaren OH-Bindungen. Durch die Konditionierung werden im Brenngemisch zusätzliche Mikrowellen-Reaktantenspezies bereitgestellt, was es möglich macht, entsprechend viel Mikrowellenenergie in das so konditionierte Brenngemisch einzubringen.

Durch diese Brenngemischkonditionierung, die z. B. ein Einbringen einer Mikrowellenenergie aufnehmenden chemischen Substanz durch turbulente Vermischung derselben mit dem rohen Brenngemisch während der Gemischbildungs- und/oder Ansaugphase beinhalten kann, ist eine dezentrale Einleitung der Verbrennungsreaktion mit Hilfe der Mikrowelleneinstrahlung erzielbar. Ein Vorteil dieser Reaktionseinleitung durch Mikrowelleneinstrahlung liegt in der direkten Proportionalität der zugeführten elektrischen Energie zur Strahlungsenergie und der dem Brenngemisch zugeführten Energie. Aufgrund der Reflexion der Mikrowellenstrahlung an den zumcist metallischen Brennraumwänden geht keine zugeführte Energie verloren. Die Menge an Mikrowellen-Rezipientenspezies braucht nicht so exakt eingestellt zu werden wie beispielsweise eine Verbrennungsregelung allein über Abgasrückhaltung, da sich der Grad an zugeführter Energie über die Mikrowelleneinstrahlung steuern läßt. Das Zumessen bzw. Bereitstellen der Mikrowellen-Rezipientenspezies kann daher mit relativ geringem Aufwand vergleichsweise langsam und gegebenenfalls binär erfolgen. Die Verbrennungsregelung kann über eine Leistungselektrik und -elektronik für die Mikrowelleneinstrahlung erfolgen. Dabei läßt sich insbesondere auch eine jeweils geeignete Strahlungsfrequenz wählen, für welche die vorhandenen Mikrowellen-Rezipientenspezies ein optimales Mikrowellenabsorptionsverhalten aufweisen und für die sich keine oder möglichst wenig stehende Wellen im Brennraum einstellen, so daß durch Reflexion eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Mikrowellenstrahlung im Brennraum erreicht wird.

Bei einem nach Anspruch 2 weitergebildeten Verfahren beinhaltet die Konditionierung des Brenngemischs ein Einbringen von Tröpfchen einer durch Mikrowellen thermisch aktivierbaren Substanz, z. B. Wasser. Alternativ oder zusätzlich kann die Konditionierung gemäß einem nach Anspruch 3 weitergebildeten Verfahren ein Rückhalten oder Rückführen von Abgas umfassen. Dabei wird die Erkenntnis genutzt, daß im Abgas eine erhöhte Menge an OH-Bindungen verglichen mit dem unverbrannten Brenngemisch vorliegt.

Bei einem nach Anspruch 4 weitergebildeten Verfahren erfolgt die Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum kontinuierlich oder gepulst, vorteilhafterweise besonders zu Beginn des Verbrennungsvorgangs zwecks Unterstützung der Kompressionszündung, bei Bedarf darüber hinaus auch über den weiteren Verbrennungsverlauf hinweg.

Bei einem nach Anspruch 5 weitergebildeten Verfahren ist eine variable Einstellung der eingestrahlten Mikrowellenenergie je nach Betriebszustand der Brennkraftmaschine vorgesehen.

Die Vorrichtung nach Anspruch 6 eignet sich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und weist zu diesem Zweck neben einem Mikrowellengenerator geeignete Konditionierungsmittel auf, um das Brenngemisch zwecks Bereitstellung zusätzlicher Mikrowellen-Rezipientenspezies zu konditionieren.

Die nach Anspruch 7 weitergebildete Vorrichtung beinhaltet neben einem Mikrowellengenerator zugeordnete Leistungseinstellungsmittel zur variablen Einstellung der Abstrahlleistung des Mikrowellengenerators in Abhängigkeit von einem oder mehreren erfaßten Betriebszustandsparametern der Brennkraftmaschine. Damit kann die Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum auf den jeweiligen Betriebs-

punkt der Brennkraftmaschine abgestimmt werden. Optional beinhaltet die Vorrichtung zudem die erwähnten Konditionierungsmittel zur Bereitstellung zusätzlicher Mikrowellen-Rezipientenspezies.

Bei einer nach Anspruch 8 weitergebildeten Vorrichtung umfassen die Konditionierungsmittel Abgasrückhaltungsmittel, die durch Steuerung von Frischgaseinlaßventilmitteln und Abgasauslaßventilmitteln einen steuerbaren Teil des im Brennraum erzeugten Abgases im Brennraum zurückhalten, was vorliegend auch den Fall einschließen soll, daß dieser Abgasanteil vom an den Brennraum angrenzenden Abgastrakt wieder in den Brennraum zurückgedrückt wird.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine Blockdarstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Vorrichtung zur mikrowellenunterstützten Gemischverbrennung und

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Mikrowelleneinstrahlungsvorgangs für einen Brennraum der Brennkraftmaschine von Fig. 1.

Fig. 1 zeigt beispielhaft und ohne Beschränkung des Umfangs der Erfindung eine beispielsweise für ein Kraftfahrzeug verwendbare Vierzylinder-Brennkraftmaschine 1 mit vier Brennräumen 2a, 2b, 2c, 2d. Der Brennkraftmaschine 1 ist eine Vorrichtung zur mikrowellenunterstützten Gemischverbrennung zugeordnet, die einen Mikrowellengenerator 3 beinhaltet, von dem zu jedem Brennraum 2a bis 2d je eine Mikrowelleneinspeiseleitung 4 abführt, wobei dies in Fig. 1 der Einfachheit halber nur für einen Brennraum 2a explizit dargestellt ist. Des weiteren beinhaltet die Vorrichtung zur mikrowellenunterstützten Gemischverbrennung eine z. B. von einem Motorsteuergerät gebildete Verbrennungssteuer-einheit 5, die über zugehörige Steuerleitungen 6, 7, 8 zum einen die Abstrahlleistung des Mikrowellengenerators 3 und zum anderen die Stellung von dem jeweiligen Brennraum zugeordneten Einlaß- und Auslaßventilen 9, 10 unter anderem in Abhängigkeit von einer über eine Eingangsleitung 11 zugeführten Drehmomentinformation steuert.

Die Einlaß- und Auslaßventilanordnung kann in herkömmlicher Weise aus jeweils einem Einlaßventil 9 und einem Auslaßventil 10 pro Brennraum bestehen. Zur Durchführung eines Abgasrückhaltebetriebs kann statt oder zusätzlich zu einem herkömmlichen Auslaßventil eine Abgasstauklappe vorgesehen sein, die über einen Phasensteller an eine das Einlaßventil 9 steuernde Einlaßnockenwelle angekoppelt ist. In diesem Fall läßt sich ein Abgasrückhaltebetrieb dadurch realisieren, daß die Einlaßnockenwelle so weit in Richtung früh verschoben wird, daß sie vor dem LOT schließt, so daß sich bei geöffneten Auslaßventilen durch die Abgasstauklappe das Druckniveau im Auslaßtrakt und im Brennraum so erhöhen läßt, daß eine steuerbare Abgasmenge zurückgehalten werden kann. Diese kann größer sein, als es dem geometrischen Verdichtungsverhältnis entspricht.

Die Steuerung der zurückgehaltenen Abgasmenge braucht nicht sehr genau zu sein, sondern lediglich sicherzustellen, daß der Gemischladung eine ausreichende Menge an OH-Bindungen für den nächsten Verbrennungsvorgang untergemischt wird. Mit diesen OH-Bindungen und anderen, Mikrowellenenergie aufnehmenden Radikalen kann dann das konditionierte Brenngemisch durch die Mikrowelleneinstrahlung eine ausreichende Aktivierungsenergie aufnehmen, welche die thermische oder chemische Aktivierung durch beispielsweise innere Gemischbildung mit verbranntem Abgas unter Luftüberschuß ergänzt, so daß eine gleichmäßige Kompressionszündung erzielt wird. Anstelle der beschriebenen Abgasrückhaltung kann alternativ eine Abgas-

rückführung üblicher Art vorgesehen sein, wobei diese vorzugsweise so realisiert werden sollte, daß im Abgas enthaltene OH-Bindungen möglichst wenig zu Wasserdampf rekombinieren, da sie dann bei Abkühlung flüssig kondensieren und für die Mikrowellenaktivierung im Brennraum nicht mehr zur Verfügung stehen.

Als weitere Alternative für die Konditionierung des Brenngemischs zwecks verbesserter Mikrowellenabsorption kann das Einbringen von Tröpfchen einer Substanz mit mikrowellenabsorbierenden Komponenten, z. B. Wasser mit seinen OH-Bindungen, in das Brenngemisch vorgesehen werden. Im Fall der Verwendung von Wasser sollten begleitende Maßnahmen zur Verhinderung übermäßiger Rußbildung und zur Gewährleistung einer vollständigen Verbrennung getroffen werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Konditionierung des Brenngemischs zwecks erhöhter Aufnahme von Mikrowellenenergie besteht darin, das Brenngemisch wenigstens teilweise zu ionisieren und/oder einer Radikalbildungsreaktion zu unterwerfen, da derart ionisierte oder chemisch aktivierte Gemische eine hohe Mikrowellenabsorption zeigen. Die Ionisation kann durch eine bereits reagierende Verbrennungsflamme oder durch ein thermisch aktiviertes Plasma bewirkt werden.

Die Steuerung der Zündung ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der die betreffenden Rezipientenspezies des Brenngemischs die eingestrahlte Mikrowellenenergie aufnehmen. Die Energieaufnahmegeschwindigkeit steigt mit zunehmender Ladungsverdichtung progressiv an. Daher wirkt sich die Energiezuführung und Aktivierung besonders stark im Bereich hoher Homogenität des Brenngemischs und bereits zugeführter thermischer Kompressionsarbeit aus. Frühzündungen lassen sich dadurch prinzipiell ausschließen. Zudem kann die Regelung des Verbrennungsbeginns vom Abschaltzeitpunkt der Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum abhängig gemacht werden.

Die Regelung der Mikrowelleneinstrahlung, d. h. insbesondere der Abstrahlleistung des Mikrowellengenerators 3, erfolgt durch die Steuereinheit 5 anhand der zugeführten Drehmomentinformation und gegebenenfalls weiterer zugeführter Informationen über den momentanen Betriebszustand der Brennkraftmaschine, wie Informationen über den Brennraumdruck oder in Form von Ionenstrom- und/ oder Körperschallsignalen. Die Drehmomentinformation wird der Steuereinheit 5 von einer Drehmomentbeurteilungseinheit 12 geliefert, die ein ihr zugeführtes Meßsignal eines Drehmomentsensors 13 auswertet. Weitere Informationen über die Verbrennung können auch über die Lichtleitmeßtechnik und der sich daraus ergebenden Erkenntnisse über die Entstehung verschiedene Radikalspezies gewonnen werden.

Zur Beschleunigung der Verbrennung kann bei Bedarf die Mikrowelleneinstrahlung nach erfolgter Kompressionszündung für den anschließenden Verbrennungsverlauf beibehalten werden. Die während der Verbrennung entstehenden Abgasanteile werden durch die Mikrowellenstrahlung weiter thermisch aktiviert, was zu einer beschleunigten Energiefreisetzung führt.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit der Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum liegt in der Anwendung bei einer ottomotorischen Verbrennung ohne Abgasrückhaltung. Bei einer Flammfrontverbrennung stöchiometrischer Gemische wird der Gemischbereich vor der Flammfront durch turbulente Wärmeleitung dazu gebracht, die Verbrennungsreaktion einzuleiten. Für den Fall nicht ausreichend schneller Flammfrontverbrennung kann es zur unerwünschten Selbstzündung der komprimierten Restgasmasse, d. h. zum "Klopfen" kommen. Dies läßt sich durch eine zugeschaltete

Mikrowelleneinstrahlung verhindern. Denn in diesem Fall wird der komprimierten Frischgasmenge aufgrund fehlender signifikanter Mengen an Mikrowellen-Rezipientenspezies keine merkliche Mikrowellenenergie zugeführt, während der vom Flammfrontbereich und das heiße Abgas, die einen erhöhten Anteil an Mikrowellen-Rezipientenspezies aufweisen, entsprechend viel Mikrowellenenergie absorbieren. Dies bedeutet, daß die chemisch aktivierten Bereiche weiter aktiviert werden, was die Reaktionstätigkeiten und die Energiefreisetzung beschleunigt und auf diese Weise Klopferscheinungen im Brennraum bei Flammfrontverbrennung verhindert.

Die variable Steuerung des Mikrowellengenerators 3 durch die Steuereinheit 5 beinhaltet auch die Wahl einer jeweils günstigsten Mikrowellenfrequenz. Diese ist zum einen durch die Art der vorhandenen Mikrowellen-Rezipientenspezies bestimmt, d. h. es wird möglichst eine Mikrowellenfrequenz gewählt, bei der diese Spezies eine optimale Mikrowellenabsorption zeigen. Zum anderen wird die Mikrowellenfrequenz so gewählt, daß sich keine oder möglichst wenig stehende Wellen im meist zylindrischen Brennraum einstellen, so daß sich durch Reflexion eine sehr gleichmäßige Verteilung der eingestrahlten Mikrowellenstrahlung im Brennraum ergibt. Dies ist idealisiert in Fig. 2 dargestellt. Wie dort skizziert, ragt der Mikrowellenzufuhrkanal 4 in der Längsachse 14 des zugehörigen Zylinders 15 liegend mittig an der Zylinderoberseite in den Brennraum 16 hinein, wo sich das von einem Kolben 17 komprimierte Brenngemisch befindet. Die zugeführte Mikrowellenstrahlung verläßt den Zufuhrkanal 4 gleichmäßig nach allen Seiten in den Brennraum 16 und wird an den Brennrauminnenwänden reflektiert, so daß sie sehr homogen über den gesamten Brennraum 16 hinweg verteilt wird und auf diese Weise mit guter räumlicher Verteilung von im konditionierten Brenngemisch enthaltenen Rezipientenspezies aufgenommen werden kann. Je nach Bedarf ist eine kontinuierliche oder eine gepulste Mikrowelleneinstrahlung möglich. Eine gepulste Einstrahlung ist besonders für Zustände hoher chemischer Aktivität, wie Verbrennungs- und Vorreaktionszustände, oder hoher Energiedichte, z. B. infolge hoher Verdichtung, zweckmäßig.

Die obige Beschreibung eines von vielen möglichen Ausführungsformen der Erfindung macht deutlich, daß mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise und Vorrichtung eine durch gezielte Mikrowelleneinstrahlung optimal steuerbare Verbrennung eines Brenngemischs im Brennraum einer Brennkraftmaschine mit Kompressionszündung erzielt wird. Durch entsprechende Konditionierung können zusätzliche Mikrowellen-Rezipientenspezies für das zu verbrennende Gemisch bereitgestellt werden, das solche Spezies normalerweise nicht in einer Menge enthält, die zur wirksamen mikrowellengestützten Verbrennung durch Kompressionszündung erforderlich ist, da handelsübliche Kraftstoffe z. B. keine oder nur geringe, schwankende Mengen an Sauerstoff aufweisen.

Durch die gesteuerte Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum während der Kompressionsphase ist eine dezentrale Reaktionseinleitung realisierbar, wobei Beginn und Verlauf der Verbrennung zeitabhängig durch die variabel zu-führbare Mikrowellen-Strahlungsenergie geregelt werden können. Die Mikrowellenfrequenz kann auf maximale Absorption und größtmögliche Verteilung im Brennraum abgestimmt werden. Die Mikrowellen-Rezipientenspezies, die durch die eingestrahlten Mikrowellen thermisch aktiviert werden, können insbesondere polare Bindungen sein, die dem Frischgemisch turbulent und homogen vor und/oder während der Verdichtungsphase beigemischt werden und können z. B. aus rückgehaltenem, heißem Abgas oder aus

noch reagierenden, chemisch aktiven oder aktivierten Bereichen stammen. Für reagierende und aktive Brenngemische läßt sich eine gepulste Mikrowelleneinstrahlung verwenden. Durch weitere Mikrowelleneinstrahlung über die Einleitung der Kompressionszündung hinaus läßt sich der Verbrennungsvorgang beschleunigen. Des weiteren kann durch Mikrowelleneinstrahlung und der daraus folgenden Aktivierung der Flammfront im Fall einer ottomotorischen Verbrennung ein Vollastklopfen verhindert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbrennung eines Brenngemischs im Brennraum einer Brennkraftmaschine mit Kompressionszündung, bei dem
 - die Verbrennung durch Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum unterstützt wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 - das Brenngemisch vor und/oder während der Mikrowelleneinstrahlung einer Konditionierung unterworfen wird, durch die zusätzliche Mikrowellen-Rezipientenspezies bereitgestellt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Konditionierung des Brenngemischs ein Einbringen von Tröpfchen einer durch Mikrowellen thermisch aktivierbaren Substanz umfaßt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Konditionierung des Brenngemischs ein Rückhalten oder Rückführen von Abgas umfaßt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum kontinuierlich oder gepulst erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowelleneinstrahlungsleistung in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine variabel eingestellt wird.
6. Vorrichtung zur Verbrennung eines Brenngemischs im Brennraum einer Brennkraftmaschine (1) mit Kompressionszündung, mit
 - einem Mikrowellengenerator (3) zur Unterstützung der Verbrennung durch Mikrowelleneinstrahlung in den Brennraum (2a bis 2d)
 gekennzeichnet durch
 - Konditioniermittel (5, 9, 10), die das Brenngemisch vor und/ oder während der Mikrowelleneinstrahlung zur Bereitstellung zusätzlicher Mikrowellen-Rezipientenspezies konditionieren.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, weiter gekennzeichnet durch Leistungseinstellmittel (5, 12), welche die Abstrahlleistung des Mikrowellengenerators (3) in Abhängigkeit von einem oder mehreren erfaßten Betriebszustandsparametern der Brennkraftmaschine (1) variabel einstellen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Konditioniermittel Abgasrückhaltemittel (5, 9, 10) umfassen, die durch Steuerung von Frischgaseinlaßventilmitteln und Abgasauslaßventilmitteln einen Teil des im Brennraum erzeugten Abgases zurückhalten.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

